

PUB-N0: JP02003309449A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2003309449 A
TITLE: MICROMACHINE VIBRATION FILTER

PUBN-DATE: October 31, 2003

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
NAKAMURA, KUNIIHIKO	
NAKANISHI, YOSHITO	

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD	

APPL-N0: JP2002317151
APPL-DATE: October 31, 2002

PRIORITY-DATA: 2002JP-035274 (February 13, 2002)

INT-CL (IPC): H03H 9/46; B81B 3/00; H03H 9/24

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a small-sized and high-performance mechanical vibration filter adapted to a high frequency band.

SOLUTION: The mechanical vibrator is made up of a microcylindrical beam 5 to increase the mechanical resonance frequency, and the microcylindrical beams 5 are arranged in an array. Common sensing electrodes 6 are disposed around the microcylindrical beams 5 at predetermined intervals to suppress a fault of an output signal. The vibration of a part of the mechanical vibrators is constricted to enable the observation and removal of the noise component accompanying the direct electromagnetic coupling from the input signal to the output signal.

COPYRIGHT: (C)2004,JP0

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-309449

(P2003-309449A)

(43) 公開日 平成15年10月31日(2003. 10. 31)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード*(参考)
H 0 3 H 9/46		H 0 3 H 9/46	Z
B 8 1 B 3/00		B 8 1 B 3/00	
H 0 3 H 9/24		H 0 3 H 9/24	Z

審査請求 未請求 請求項の数20 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2002-317151(P2002-317151)

(22) 出願日 平成14年10月31日(2002. 10. 31)

(31) 優先権主張番号 特願2002-35274(P2002-35274)

(32) 優先日 平成14年2月13日(2002. 2. 13)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 中村 邦彦

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72) 発明者 中西 淑人

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(74) 代理人 100082692

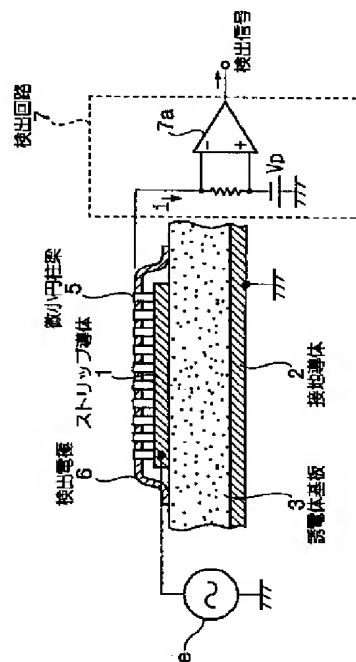
弁理士 蔵合 正博 (外1名)

(54) 【発明の名称】 微小機械振動フィルタ

(57) 【要約】

【課題】 本発明は、高周波帯域に対応した小型高性能の機械振動式フィルタを供することを目的とする。

【解決手段】 機械振動子を微小化した微小円柱梁5とすることで機械共振周波数を高周波化し、かつ微小円柱梁5を複数個アレイ状に並べ、各微小円柱梁5の周囲に所定の間隙をもって共通の検出電極6を配置することにより、出力信号の低下を抑える。また、一部の機械振動子の振動を拘束することで、入力信号から出力信号への直接的な電磁結合に伴うノイズ成分の観測と除去を可能とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 電磁波導波路上またはその近傍の電磁界中にアレイ状に配置された梁状またはコイル状の複数の微小機械振動子と、前記複数の微小機械振動子が電磁界との相互作用を受けて固有の共振周波数で振動する際の信号を検出する検出回路とを備えた微小機械振動フィルタ。

【請求項2】 前記微小機械振動子が導電体梁で、電磁波の電界との相互作用により振動することを特徴とする請求項1記載の微小機械振動フィルタ。

【請求項3】 前記微小機械振動子が誘電体梁で、電磁波の電界との相互作用により振動することを特徴とする請求項1記載の微小機械振動フィルタ。

【請求項4】 前記微小機械振動子が磁性体梁で、電磁波の磁界との相互作用により振動することを特徴とする請求項1記載の微小機械振動フィルタ。

【請求項5】 前記微小機械振動子が導電体コイルで、前記導電体コイルの発生する磁界同士の相互作用で振動することを特徴とする請求項1記載の微小機械振動フィルタ。

【請求項6】 前記導電体コイルを直列に接続してその接続部で前記導電体コイル内部の磁束が漏れるように配置することを特徴とする請求項5記載の微小機械振動フィルタ。

【請求項7】 前記導電体コイルの振動に伴うインピーダンス変化を検出することを特徴とする請求項6記載の微小機械振動フィルタ。

【請求項8】 前記微小機械振動子が導電体で、前記検出回路が前記微小機械振動子と対向する電極であり、前記微小機械振動子の振動を、前記微小機械振動子と前記電極間の静電容量の変化でとらえることを特徴とする請求項1記載の微小機械振動フィルタ。

【請求項9】 前記電極の表面に穴が設けられ、前記微小機械振動子の一部が、前記穴の中に配置され、かつ前記穴の中心位置から偏心した位置に配置されていることを特徴とする請求項8記載の微小機械振動フィルタ。

【請求項10】 前記検出回路が光学的に前記微小機械振動子の振動を検出することを特徴とする請求項1記載の微小機械振動フィルタ。

【請求項11】 前記検出回路を複数個有し、前記複数の検出回路の出力信号を加算することを特徴とする請求項1記載の微小機械振動フィルタ。

【請求項12】 前記検出回路が、振動可能な微小機械振動子の信号を取り出す第1の手段と、振動を拘束された微小機械振動子の信号を取り出す第2の手段と、前記第1の手段の出力信号と前記第2の手段の出力信号との差分を取る第3の手段とを備えたことを特徴とする請求項1記載の微小機械振動フィルタ。

【請求項13】 共振周波数の異なる複数の前記微小機械振動子を有し、前記検出回路の出力信号を選択する

ことで電磁波の周波数選択を行うことを特徴とする請求項1記載の微小機械振動フィルタ。

【請求項14】 前記微小機械振動子の寸法が異なることでその共振周波数が異なることを特徴とする請求項13記載の微小機械振動フィルタ。

【請求項15】 前記微小機械振動子の弾性率が異なることでその共振周波数が異なることを特徴とする請求項13記載の微小機械振動フィルタ。

【請求項16】 前記微小機械振動子の応力が異なることでその共振周波数が異なることを特徴とする請求項13記載の微小機械振動フィルタ。

【請求項17】 前記導波路を伝わる信号に直流バイアス電圧を加えることにより、微小機械振動子に一定の応力を発生させることを特徴とする請求項16記載の微小機械振動フィルタ。

【請求項18】 前記微小機械振動子が直径1ミクロン～数十ミクロンのカーボンコイルである請求項1記載の微小機械振動フィルタ。

【請求項19】 前記微小機械振動子が直径1nm～数十nmの極細シリコンワイヤである請求項1記載の微小機械振動フィルタ。

【請求項20】 前記微小機械振動子の材料が直径1nm～数十nmのカーボンナノチューブである請求項1記載の微小機械振動フィルタ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、無線装置などに搭載される電気回路や伝送線におけるフィルタに関し、特に高密度に集積化され、MHz～GHzの帯域の信号を処理する回路内において、微小機械振動を利用することで小型で急峻な選択特性を有する微小機械振動フィルタに関する。

【0002】

【従来の技術】図11は従来の機械振動フィルタの構成を簡略化して示したものである（例えば、非特許文献1参照）。このフィルタは、シリコン基板上に薄膜形成を行うことで形成され、入出力線路104および出力線路105と、それぞれの線路に対して1ミクロン以下の空隙をもって配置された両端固定梁型共振器101および102と、その2つの梁を結合する結合梁103とで構成されている。入力線路104から入力した信号は、共振器101と容量的に結合し、共振器101に静電力を発生させる。信号の周波数が、共振器101および102と結合梁103とからなる弾性構造体の共振周波数近傍に一致したときのみ機械振動が励起されるので、この機械振動をさらに出力線路105と共振器102との間の静電容量の変化として検出することで、フィルタリングされた入力信号を出力信号として取り出すことができる。

【0003】矩形断面の両持ち梁の場合、弾性率E、密

度 ρ 、厚み t 、長さ L とすると、共振周波数 f は、次式のようになる。

【数1】

$$f = 1.03 \frac{t}{L^2} \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

材料をポリシリコンとすると $E = 160 \text{ GPa}$ 、 $\rho = 2.2 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 、また寸法を $L = 40 \mu\text{m}$ 、 $t = 1.5 \mu\text{m}$ とすると $f = 8.2 \text{ MHz}$ となり、約8MHz帯のフィルタを構成することが可能である。コンデンサやコイルなどの受動回路で構成したフィルタに比べて、機械振動を用いることでQ値の高い急峻な周波数選択特性を得ることができる。

【0004】さらに高周波帯のフィルタを構成するには、(数1)から明らかなことは、第1に材料を変更して E/ρ を大きくすることである。ただし、 E を大きくすると梁を撓ませる力が同じであっても梁の変位量は小さくなってしまい、梁の変位量を検知することが難しくなる。梁の曲がりやすさをあらわす指標を、両持ち梁の梁表面に静荷重を加えたときの梁中心部のたわみ量 d と梁の長さ L の比 d/L とすると、 d/L は、次の比例関係で表される。

【数2】

$$\frac{d}{L} \propto \frac{L^3}{t^3} \cdot \frac{1}{E}$$

従って d/L の値を保ちながら共振周波数を上げるには、少なくとも E は大きくできず、密度 ρ の低い材料を求める必要があるが、ポリシリコンと同等のヤング率で密度が低い材料としてはCFRP (Carbon Fiber Reinforced Plastics) 等の複合材料を用いる必要がある。この場合、半導体プロセスで微小機械振動フィルタを構成することは難しくなる。

【0005】このような複合材料を用いない第2の方法は、(数1)において梁の寸法を変更しても $t \cdot L^{-2}$ を大きくすることである。しかし、 t を大きくすることと L を小さくすることは撓みやすさの指標である(数2)の d/L を小さくしてしまい、梁のたわみを検出することが難しくなる。

【0006】(数1)および(数2)について $\log L$ と $\log t$ の関係を図12に示すと、現寸法Aを起点に傾き2の直線より上の範囲の L と t を選ぶと f は大きくなり、傾き1の直線より下の範囲の L と t を選ぶと d/L は大きくなる。従って、図中のハッチング部分が、梁のたわみ量も確保しつつ共振周波数を上げることができる L と t の範囲である。また、図12より明らかなことは、機械振動フィルタの高周波化には、 L および t 双方の寸法の微小化が必要条件であり、 L および t を同じスケールで小型化すること、すなわち傾き1の直線に乗りながら L と t を小さくすることは、図12のハッチング部

分の十分条件である。

【0007】

【非特許文献1】IEEE Journal of Solid-state Circuits, Vol.35, No.4, pp.512-526, April 2000

【0008】

【発明が解決しようとする課題】このように、機械振動子の寸法を小型化した微小機械振動子を用いることで、共振周波数は高周波化されるが、例えば図11の機械振動フィルタの構成では、必然的に入出力線路同士がより近接しあうことになり、出力線路には入力線路の電磁界の直接結合により不要な帯域の信号が洩れてノイズとして重畳する問題が生じる。また、梁の振動振幅も小さくなるので振動を検出する信号も微弱なものとなり、外乱を受けやすくなる。

【0009】本発明は、このような従来の問題を解決するものであり、小型で高品質の微小機械振動フィルタを提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明は、機械振動子を微小化して共振周波数の高周波化を図り、かつ微小化された微小機械振動子をアレイ状に複数個並べることにより、微小機械振動の検出信号の微弱化を防ぐこととした。また、フィルタリングされずに検出回路に直接漏れる入力信号成分を推測し、その成分をキャンセルすることで、微小機械振動子の振動に伴う出力信号成分のみを抽出することとした。これらにより小型で高品質の微小機械振動フィルタの提供を可能にした。

【0011】

【発明の実施の形態】本発明の微小機械振動フィルタは、電磁波導波路上またはその近傍の電磁界中にアレイ状に配置された梁状またはコイル状の複数の微小機械振動子と、前記複数の微小機械振動子が電磁界との相互作用を受けて固有の共振周波数で振動する際の信号を検出する検出回路とを備えたものであり、機械振動子を微小化して共振周波数の高周波化を図り、かつ微小化された微小機械振動子をアレイ状に複数個並べることにより、微小機械振動の検出信号の微弱化を防ぐことができる。

【0012】また、本発明の微小機械振動フィルタは、前記微小機械振動子が導電体梁で、電磁波の電界との相互作用により振動することを特徴とするものであり、微小機械振動子として導電体梁を使用することができる。

【0013】また、本発明の微小機械振動フィルタは、前記微小機械振動子が誘電体梁で、電磁波の電界との相互作用により振動することを特徴とするものであり、微小機械振動子として誘電体梁を使用することができる。

【0014】また、本発明の微小機械振動フィルタは、前記微小機械振動子が磁性体梁で、電磁波の磁界との相互作用により振動することを特徴とするものであり、微小機械振動子として磁性体梁を使用することができる。

【0015】また、本発明の微小機械振動フィルタは、前記微小機械振動子が導電体コイルで、前記導電体コイルの発生する磁界同士の相互作用で振動することを特徴とするものであり、振動子として導電体コイルを使用することができる。

【0016】また、本発明の微小機械振動フィルタは、前記導電体コイルを直列に接続してその接続部で前記導電体コイル内部の磁束が漏れるように配置することを特徴とするものであり、電磁波により導電体コイルに電流が流れたときに導電体コイルを振動させることができる。

【0017】また、本発明の微小機械振動フィルタは、前記導電体コイルの振動に伴うインピーダンス変化を検出することを特徴とするものであり、導電体コイルの振動をインピーダンス変化として検出することができる。

【0018】また、本発明の微小機械振動フィルタは、前記微小機械振動子が導電体で、前記検出回路が前記微小機械振動子と対向する電極であり、前記微小機械振動子の振動を、前記微小機械振動子と前記電極間の静電容量の変化でとらえることを特徴とするものであり、微小機械振動子の振動を静電容量の変化として検出することができる。

【0019】また、本発明の微小機械振動フィルタは、前記電極の表面に穴が設けられ、前記微小機械振動子の一部が、前記穴の中に配置され、かつ前記穴の中心位置から偏心した位置に配置されていることを特徴とするものであり、偏心により最も近接した電極と微小機械振動子間の静電力により、微小機械振動子を励振することができる。

【0020】また、本発明の微小機械振動フィルタは、前記検出回路が光学的に前記微小機械振動子の振動を検出することを特徴とするものであり、微小機械振動子の振動を受光量の変化として検出することができる。

【0021】また、本発明の微小機械振動フィルタは、前記検出回路を複数個有し、前記複数個の検出回路の出力信号を加算することを特徴とするものであり、出力信号の強度を上げることができる。

【0022】また、本発明の微小機械振動フィルタは、前記検出回路が、振動可能な微小機械振動子の信号を取り出す第1の手段と、振動を拘束された微小機械振動子の信号を取り出す第2の手段と、前記第1の手段の出力信号と前記第2の手段の出力信号との差分を取る第3の手段とを備えたことを特徴とする。この構成により、フィルタリングされずに検出回路に直接漏れる入力信号成分を推測し、その成分をキャンセルすることで、微小機械振動子の振動に伴う出力信号成分のみを抽出することができる。

【0023】また、本発明の微小機械振動フィルタは、共振周波数の異なる複数個の前記微小機械振動子を有し、前記検出回路の出力信号を選択することを特徴とす

るものであり、検出回路の出力信号を選択することで電磁波の周波数選択を行うことができる。

【0024】また、本発明の微小機械振動フィルタは、前記微小機械振動子の寸法が異なることでその共振周波数が異なることを特徴とするものであり、共振周波数の異なる微小機械振動子を容易に得ることができる。

【0025】また、本発明の微小機械振動フィルタは、前記微小機械振動子の弾性率が異なることでその共振周波数が異なることを特徴とするものであり、共振周波数の異なる微小機械振動子を容易に得ることができる。

【0026】また、本発明の微小機械振動フィルタは、前記微小機械振動子の応力が異なることでその共振周波数が異なることを特徴とするものであり、共振周波数の異なる微小機械振動子を容易に得ることができる。

【0027】また、本発明の微小機械振動フィルタは、前記導波路を伝わる信号に直流バイアス電圧を加えることにより、微小機械振動子に一定の応力を発生させることを特徴とするものであり、応力の異なる微小機械振動子を容易に得ることができる。

【0028】また、本発明の微小機械振動フィルタは、前記微小機械振動子が直径1ミクロン～数十ミクロンのカーボンコイルであり、既存技術を応用して微小機械振動子を作製することができる。

【0029】また、本発明の微小機械振動フィルタは、前記微小機械振動子が直径1nm～数十nmの極細シリコンワイヤであり、既存技術を応用して微小機械振動子を作製することができる。

【0030】また、本発明の微小機械振動フィルタは、前記微小機械振動子の材料が直径1nm～数十nmのカーボンナノチューブであり、既存技術を応用して微小機械振動子を作製することができる。

【0031】以下、本発明の実施の形態について、図1から図10を用いて説明する。

(実施の形態1) 図1は本発明の実施の形態1に関わる微小機械振動フィルタの概要図である。導波路はマイクロストリップ線路型であり、ストリップ導体1および接地導体2が誘電体基板3を介して設けられ、ストリップ導体1上の一部にフィルタ部4が構成され、ストリップ導体1と接地導体2との間に信号源eが接続される。

【0032】図2はフィルタ部4の断面側面図である。ストリップ導体1上に複数個の導体からなる微小な円柱型片持ち状の微小円柱梁5がアレイ状に林立している。また図3の部分拡大断面側面図および図4の部分拡大上面図に示すように、微小円柱梁5の先端周りには空隙g1、g2を介して検出電極6が設けられている。本実施の形態1では、検出電極6は、貫通穴8で微小円柱梁5を囲っている平板であり、すべての微小円柱梁5の振動を共通して電気信号に変換して、検出回路7の比較器7aにより検出信号を取り出すものである。

【0033】図3および図4に示したように、貫通穴8

の中心と微小円柱梁5の中心をずらす($g_1 < g_2$)ことにより、検出電極6と微小円柱梁5の間に電位差が生じると、静電力により両者のギャップが小さい方、すなわちギャップ g_1 を縮める方向に微細円柱梁5が撓む。従って、導波路の電位の周波数信号成分のうち、微細円柱梁5固有の共振周波数近傍の成分が、微小円柱梁5と検出電極6の距離変化に伴う両者間の静電容量の変化として電流信号に変換され、図2の検出回路7を介して出力される。個々の微小円柱梁5の振動に伴う検出信号は小さいが、検出電極6により個々の信号の総和をとることで、出力信号レベルの低下を抑えることができる。

【0034】微小円柱梁5をアレイ化して極微細な振動梁を構成することは、酸化シリコン薄膜のRIE加工や、X線ディープリソグラフィ技術とメッキ技術を複合したLIGAプロセスなどの方法で可能である。図5は図3の構造を構成する方法の一例を示している。図5(a)において、金属微小円柱梁5は、LIGAプロセスを用いてストリップ導体1上に形成されたものである。微小円柱梁5およびLIGAプロセスで用いたレジスト21の高さは、表面研磨により同一に揃えられている。次にレジスト21のアッシングにより、同図(b)のようにレジスト21の高さのみを低くする。次に同図(c)に示すようにスパッタリングにより SiO_2 などの犠牲層22となる膜を積層する。このとき照射を矢印で示すように斜め上方から行うことで、微小円柱梁5の円周に形成される犠牲層に膜厚分布を生じさせる。次に同図(d)のようにLPCVD(減圧化学的気相成長)プロセスにより多結晶シリコンなどの導電体膜23を堆積し、同図(e)のように表面研磨を行って高さをそろえる。最後にレジスト21をアッシングで除去し、犠牲層22の SiO_2 をフッ酸により除去することで、同図(f)のように微小円柱梁5の先端周囲に貫通穴8を介して検出電極6が配置された図3の構造を形成することができる。特に、図5(c)において犠牲層22に膜厚分布を持たせることで、図3、図4のように、検出電極6の貫通穴8に対して、微小円柱梁5は偏心した位置に配置され、偏心により最も近接した検出電極6と微小円柱梁5間の静電力により、微小円柱梁5を励振することができる。

【0035】直径 d 、長さ L の片持ち微小円柱梁の共振周波数は(数3)であらわされる。 $E = 70 \text{ GPa}$ 、 $\rho = 2.2 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ の酸化シリコンを用いて、アスペクト比 $L/d = 10$ の微小円柱梁を構成すると、直径 $d = 9.9 \text{ nm}$ で $f = 800 \text{ MHz}$ 、直径 $d = 5.3 \text{ nm}$ で $f = 1.5 \text{ GHz}$ となる。このようなナノメートルサイズの微小円柱梁を用いることで、携帯電話に用いられる数GHz帯近辺の帯域に対応するフィルタを構成することができる。ナノメートルサイズの振動梁として、H.Kohno, S.TakedaらがJournal of Electron Microscopy 49(2000), pp.275-280で紹介しているような直径

1 nm～数十nmの極細シリコンワイヤを利用し、高周波化することができる。

【数3】

$$f = 0.140 \frac{d}{L^2} \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

【0036】また、振動梁を円柱梁ではなく円筒梁とすると、円筒の外径を D_2 、内径を D_1 としたときの共振周波数は(数4)で表され、また、先端集中荷重による梁のたわみ d と梁の長さ L の比は(数5)で表されるため、円筒の薄肉化、すなわち D_1 を D_2 に近づけることは、曲がりやすさの指標(数5)も保ちながら高周波化が可能であることを示している。従って、カーボンファイバのような軽い材料の微小化の究極として直径1 nm～数十nmのカーボンナノチューブを用いることで、さらなる高周波化を図ることができる。

【数4】

$$f = 0.140 \frac{\sqrt{D_2^2 + D_1^2}}{L^2} \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

【数5】

$$\frac{d}{L} \propto \frac{L^2}{D_2^2 - D_1^2} \cdot \frac{1}{E}$$

【0037】このように、本実施の形態1によれば、振動子である複数の微小円柱梁5をアレイ状に配列して、共振周波数の高周波化を図るとともに、各微小円柱梁5の周囲に共通の検出電極6を配置して、検出電極6により個々の信号の総和をとることで、検出信号の微弱化を防ぐことができ、小型で高品質の微小機械振動フィルタを提供することができる。

【0038】(実施の形態2)図6は本発明の実施の形態2に関わり、全体の構成は図1に示した実施の形態1と同じであるが、本実施の形態2では、微小円柱梁5が対向する一対の微小円柱5a、5bが並列にアレイ状に配列されており、一方の微小円柱梁5aは、それぞれ共通の検出電極6aとコンデンサを形成し、他方の微小円柱梁5bの先端は、固定材9を介してそれぞれ共通の検出電極6bに固定されている。図7はその上面図であり、微小円柱梁5a、5bは、それぞれ検出電極6a、6bにギャップ g をもって対向しており、各検出電極6a、6bは、間隔 A をもって対向している。検出電極6aは、検出回路7の第1比較器7bに接続され、検出電極6bは、検出回路7の第2比較器7cに接続されている。

【0039】ストリップ導体1に流れる信号源eからの信号により微小円柱梁5aが振動し、振動に伴う電流 i_a が検出電極6aから流れるが、これにはストリップ導体1から微小円柱梁5aの振動を介さずに直接検出電極6aに電磁的に結合して流れる不要成分が重畳されてい

る。固定材9の比誘電率を周囲の空気と同等のものとすることにより、検出電極6bにも同等の不要成分のみが重畳するため、検出回路7において、検出電極6aからの信号を第1比較器7bで取り出し、検出電極6bからの信号を第2比較器7cで取り出し、比較器7bの出力から比較器7cの出力を加算器7dで減算することで、微細円柱梁5aの振動に伴う信号成分のみを検出信号として取り出すことができる。

【0040】このように、本実施の形態2によれば、アレイ状に配列された微小円柱梁5の対向する一方の微小円柱梁5bの振動を拘束し、振動可能な他方の微小円柱梁5aの検出信号から拘束された微小円柱梁5bの検出信号を減算することで、電磁波が直接検出回路に結合して励起する不要な信号成分を抑制し、微小円柱梁5の振動に起因する信号成分のみを検出信号として取り出すことができるので、小型で高品質の機械振動フィルタを提供することができる。なお、本実施の形態2における図6の構造を実現する方法も、実施の形態1の図5に示した構成方法を利用することができる。本実施の形態2で用いた固定材9は、図5(f)の状態の表面にシリコン窒化膜などをパターニングして形成することができる。

【0041】(実施の形態3)図8および図9は本発明の実施の形態3に関わる微小機械振動フィルタの上面図および側面図である。マイクロストリップ線路型のストリップ導体1上の一部が、微小機械振動子となる複数のコイルスプリング10のアレイ状の並列接続に置き換えられている。ただし、図8に示すように、コイルスプリング10の両端は、伝送路方向とは角度 θ をつけて取り付けられており、コイルスプリング10は、その中心部でわずかに折り曲げられて開口部11が形成されているため、コイルスプリング10に電流が流れると、内部の磁束は開口部11から漏れた状態になる。ただしコイルスプリング10内部の磁気エネルギーを最大にするような力がコイルスプリングに働くため、コイルスプリング10は、開口部11を閉じてまっすぐになろうとする。この力の作用により、コイルスプリング10は固有の共振周波数で振動する。この機械振動はコイルスプリングの自己インダクタンスの変化として、コイルスプリング10両端のストリップ導体1に接続された検出回路7Aにより検出され、検出信号はフィルタリングされた出力信号となる。

【0042】なお、このコイルスプリング10は、S.Motojimaらが“Three-dimensional vapor growth mechanism of carbon microcoils”, J. Mater. Res., Vol.4, No.11, pp.4329-4336(1999)で報告している化学気相析出法によって精製された直径1ミクロン〜数十ミクロンの微細なカーボンコイルを利用して共振周波数を上げることが可能である。

【0043】(実施の形態4)図10は本発明の実施の形態4に関わる微小機械振動フィルタの断面側面図であ

る。コプレーナ線路型のストリップ導体1および接地導体2が誘電体基板3上に並行に設けられ、ストリップ導体1と接地導体2を覆うように誘電体被膜12が誘電体基板3上に設けられている。さらに誘電体被膜12上には、誘電体材料からなり、長さ方向に分極された微小円柱梁5がアレイ状に林立している。検出回路は、レーザー光源13と受光素子14により構成されている。

【0044】ストリップ導体1に信号が流れると、電界Eの分布は図に示す方向をとり、電界Eの多くは微小円柱梁5と斜交する。このとき分極されている微小円柱梁5は、その方向を電界Eの方向に揃えるような力が働くため、微小円柱梁5には自己の共振周波数で振動する。最も微小円柱梁5の触れ角の大きなスポットにレーザー光源13によりレーザー光を照射し、一次回折光を受光素子14で検出すると、微小円柱梁5の触れにより回折光の結びつく場所が変化するため、微小円柱梁5の振動を受光量の変化で検出することができる。

【0045】このように、本実施の形態4によれば、微小円柱梁5の検出に光を用いることで、検出回路が入力電磁波からの電磁的な干渉を直接受けたくないような構成をとることができる。小型で高性能な微小機械振動を提供することができる。

【0046】なお、微小梁として長さ方向に磁化された磁性体を用い、磁界との相互作用により微小梁を振動させる構成によっても同様な効果を得ることができる。

【0047】

【発明の効果】以上のように、本発明によれば、機械振動子を微小化することでMHz〜GHzの帯域に対応する、小型で急峻な特性を有するフィルタを構成することができる。また、一部の微小機械振動子の振動を拘束することで入力信号が電磁的に直接出力信号に干渉することで発生するノイズ成分を観測することが可能であり、その成分を除去することができるため、小型で高品質の機械振動フィルタを提供することができる。また、微小機械振動子を導電体コイルで構成し、導電体コイルの発生する磁界同士の相互作用で振動させることにより、導電体コイルの振動をインピーダンス変化として検出することができる。また、微小機械振動子の検出に光を用いることで、検出回路が入力電磁波からの電磁的な干渉を直接受けたくないような構成とすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態1における微小機械振動フィルタの概略斜視図

【図2】本発明の実施の形態1におけるフィルタ部の断面側面図

【図3】本発明の実施の形態1におけるフィルタ部の拡大断面図

【図4】本発明の実施の形態1におけるフィルタ部の拡大

大部分上面図

【図5】本発明の実施の形態1におけるフィルタ部の構成方法を示す図

【図6】本発明の実施の形態2における微小機械振動フィルタのフィルタ部の断面部分側面図

【図7】本発明の実施の形態2におけるフィルタ部の部分上面図

【図8】本発明の実施の形態3における微小機械振動フィルタのフィルタ部の部分上面図

【図9】本発明の実施の形態3におけるフィルタ部の部分側面図

【図10】本発明の実施の形態4における微小機械振動フィルタのフィルタ部の部分断面側面図

【図11】従来の機械振動フィルタの概略斜視図

【図12】機械振動フィルタの寸法と高周波化の関係を示す特性図

【符号の説明】

1 ストリップ導体

2 接地導体

3 誘電体基板

4 フィルタ部

5 微小円柱梁

6 検出電極

7 検出回路

8 貫通穴

9 固定

10 コイルスプリング

11 開口部

12 誘電体被膜

13 レーザ光源

14 受光素子

21 レジスト

22 犠牲層

23 導電体膜

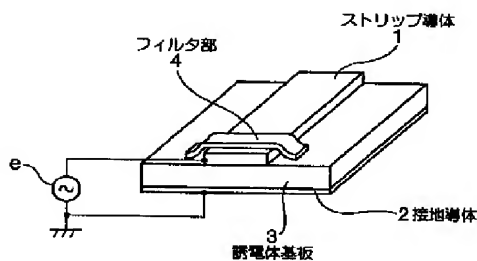
101、102 共振器

103 結合梁

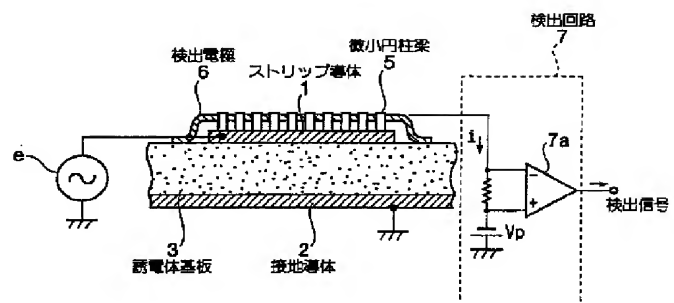
104 入力線路

105 出力線路

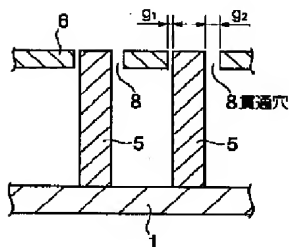
【図1】



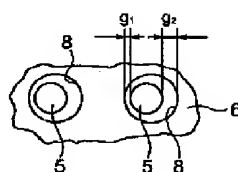
【図2】



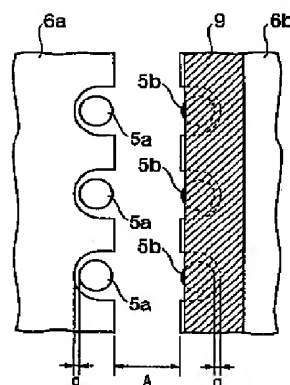
【図3】



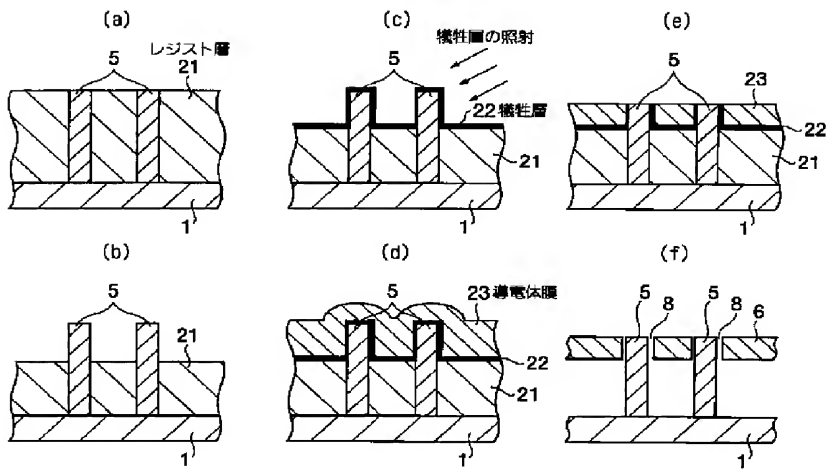
【図4】



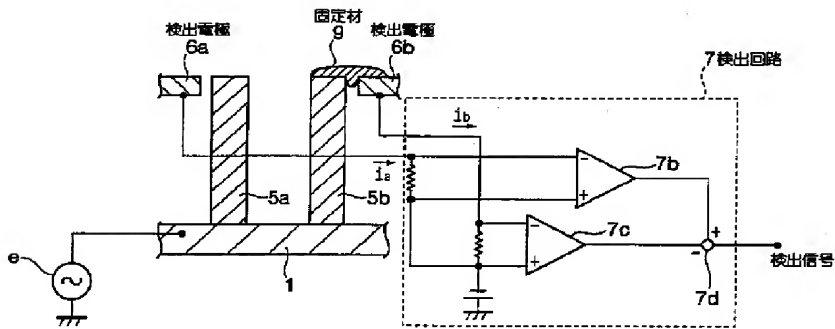
【図7】



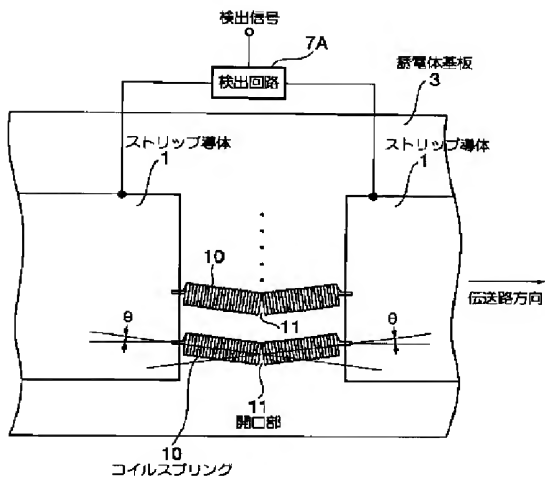
【図5】



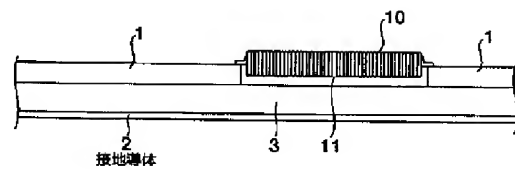
【図6】



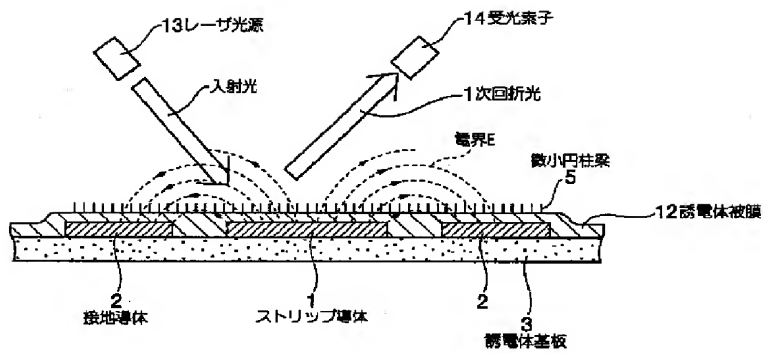
【図8】



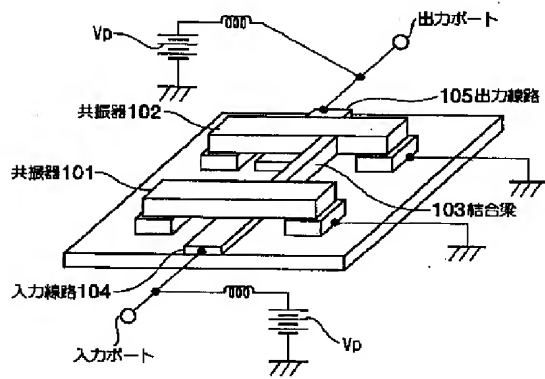
【図9】



【図10】



【図11】



【図12】

